



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 42 06 584 A 1**

51 Int. Cl.⁵:
B 23 K 20/10
B 23 K 37/00
B 29 C 65/08
B 06 B 1/02
G 05 D 23/19

DE 42 06 584 A 1

21 Aktenzeichen: P 42 06 584.4
22 Anmeldetag: 3. 3. 92
43 Offenlegungstag: 9. 9. 93

71 Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 80636 München, DE

74 Vertreter:

Dreiss, U., Dipl.-Ing. Dr.jur., 70188 Stuttgart;
Hosenthien, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 7000 Stuttgart;
Fuhlendorf, J., Dipl.-Ing., 70188 Stuttgart; Leitner,
W., Dipl.-Ing. Dr.techn., 7000 Stuttgart; Steimle, J.,
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 70188 Stuttgart

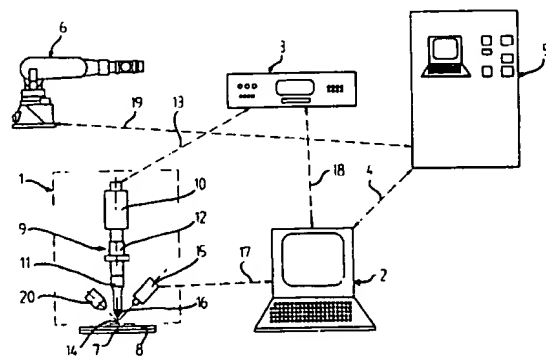
72 Erfinder:

Wagner, Thomas, Dipl.-Ing., 7311 Hochdorf, DE;
Bitter, Michael, 7140 Ludwigsburg, DE; Kaiser,
Matthias, 7022 Leinfelden-Echterdingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung und Verfahren zum Verbinden zweier Bauteile mittels Ultraschall (II)

- 57 Bei einer Vorrichtung zum Verbinden zweier Bauteile (8) mittels Ultraschall, mit einem Ultraschallerzeuger (3) und einer Ultraschallanlage (1), wobei die Ultraschallanlage (1) eine Ultraschallschweißeinrichtung (9) mit einem Konverter (10) und einer Sonotrode (11) aufweist, wird eine gleichbleibende Schweißqualität dadurch erzielt, daß die Ultraschallanlage (1) mit einer Temperaturmeßeinheit (15) versehen ist, welche die Temperatur der Schweißstelle (14) und/oder die Temperatur der Sonotrodenspitze (16) erfaßt, und daß die Temperaturmeßeinheit (15) mit einer den Ultraschallerzeuger (9) ansteuernden Steuereinheit (2) verbunden ist.



DE 42 06 584 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bearbeiten eines Bauteils bzw. Verbinden zweier Bauteile mittels Ultraschall, mit einem Ultraschallerzeuger und einer Ultraschallanlage, wobei die Ultraschallanlage eine Ultraschallschweißeinrichtung mit einem Konverter und einer Sonotrode aufweist. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Verbinden zweier Bauteile mittels Ultraschall, bei der ein Ultraschallerzeuger eine Sonotrode über einen Konverter in Schwingung versetzt.

Das Verbinden von Bauteilen mittels Ultraschall wird in neuzeitigen Fertigungsverfahren immer häufiger verwendet. Mittels dieses Preßschweißverfahrens werden unter anderem Punkt-, Naht- und Stumpfschweißungen erzielt, indem die Energie von Ultraschallschwingungen konzentriert und dadurch die Schweißstelle plastifiziert und die Materialien miteinander verbunden werden. Die Schwingungen werden über die Sonotrode senkrecht zur Spannkraft der Bauteile auf das Werkstück übertragen, welches an der Schweißstelle erwärmt wird. Dabei werden Oxidhäute aufgerissen, Rauigkeiten eingeebnet und eine Verschweißung der beiden Bauteile erreicht. Mit diesem Preßschweißverfahren werden vor allem dünne Bleche und Drähte mit dickeren Unterlagen verschweißt, wobei Metalle, wie Aluminium, Kupfer, Messing, Silber, Gold, Titan, Tantal und Molybdän, und insbesondere thermoplastische Kunststoffe jeweils miteinander verbunden werden. Das Ultraschallschweißen hat den Vorteil, daß auch relativ große Bauteile mit relativ kleinen Bauteilen problemlos und sicher miteinander verbindbar sind.

Für hochwertige Schweißverbindungen ist es unbedingt erforderlich, daß stets gleiche Arbeitsbedingungen für die Ultraschallschweißeinrichtung vorliegen. Außerdem sollen weder die miteinander zu verbindenden Bauteile noch die Schweißeinrichtung beschädigt werden. In der Regel werden die einzelnen Schweißparameter empirisch ermittelt und vor Beginn der Verschweißung der Bauteile am Ultraschallerzeuger bzw. an der Ultraschallschweißeinrichtung eingestellt. Ändert sich jedoch z. B. die Dicke des Bauteils, so nimmt in der Regel die Anpreßkraft zu, was eine Temperaturerhöhung der Schweißstelle nach sich zieht. Aus den EP 04 21 019 A1, EP 02 08 310 A1 und DE 39 21 653 A1 ist bekannt, daß die Hubgeschwindigkeit der pneumatischen Vorschubeinrichtung der Sonotrode in Abhängigkeit der Anpreßkraft gesteuert wird. Ferner ist bekannt, daß die Auslösung und Beendigung der Schallabgabe in Abhängigkeit des Hubs oder der Anpreßkraft oder der in das Werkstück eingebrachten Energie gesteuert wird. Bei diesen Anlagen muß jedoch stets während des Schweißbetriebes die Schweißstelle kontrolliert werden bzw. müssen nach erfolgter Schweißung die einzelnen Schweißstellen stichprobenartigen Kontrollen unterzogen werden, um Fehlschweißungen aufzufinden und weitere Fehlschweißungen zu vermeiden, indem der Ultraschallerzeuger und/oder die Schweißeinrichtungen neu eingestellt bzw. justiert werden. Diese Vorgehensweise ist nicht nur umständlich und zeitaufwendig, sie gewährleistet auch keine gleichbleibende Qualität bei der Verschweißung zweier Bauteile.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß mit diesem die Qualitätsschwankungen der Schweißstelle zweier Bauteile wesentlich verringert werden.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Ultraschallanlage mit einer Temperaturmeßeinheit versehen ist, welche die Temperatur der Schweißstelle und/oder die Temperatur der Sonotrodenspitze erfaßt und daß die Temperaturmeßeinheit mit einer den Ultraschallerzeuger ansteuernden Steuereinheit verbunden ist.

Durch das Anbringen einer Temperaturmeßeinheit an der Ultraschallanlage kann die Temperatur der Schweißstelle und/oder die Temperatur der Sonotrodenspitze gezielt und ständig überwacht werden. Aus der Temperatur der Schweißstelle können bei einem Abweichen der Temperatur vom Sollwert Rückschlüsse auf die Güte der Schweißverbindung gezogen werden, und es können bei einem Abweichen der Temperatur vom Sollwert die Schweißparameter für die Schweißeinrichtung sofort verändert werden. Für die Auswertung der Temperaturmeßwerte ist eine Steuereinheit vorgesehen, in der die Meßwerte weiterverarbeitet werden und in Form von Steuersignalen dem Ultraschallerzeuger zugeleitet werden. Dieser steuert dann die Schweißeinrichtung gezielt derart an, daß die Temperaturwerte wieder ihren Sollwert einnehmen. Auf diese Weise ist eine hohe Qualität der Schweißverbindung gewährleistet und die Schweißeinrichtung kann auf Materialveränderungen der Bauteile sowohl im mikroskopischen als auch im makroskopischen Bereich unmittelbar reagieren. Änderungen im Gefüge oder Änderungen in den Abmessungen der Bauteile bewirken somit keine Qualitätsveränderungen insbesondere Qualitätseinbußen der Schweißverbindung.

Die Erfassung der Temperatur der Sonotrodenspitze hat den Vorteil, daß die Standzeit der Ultraschallschweißeinrichtung erhöht werden kann, insbesondere kann ein Bruch der Sonotrode aufgrund von Überlastung vermieden werden. Ferner hat eine gleichbleibende Temperatur der Sonotrodenspitze einen günstigen Einfluß auf die Schweißqualität.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Temperaturmeßeinheit als berührungsloses Meßsystem, z. B. mit einem Infrarotsensor oder einem Strahlungs-pyrometer, ausgebildet ist. Berührungslose Meßsysteme weisen den Vorteil auf, daß durch die Messung der Temperatur die Schweißstelle selbst nicht beeinflusst wird und daher eine kontinuierliche Messung erfolgen kann. Außerdem weisen berührungslose Meßsysteme den Vorteil auf, daß sie verschleißfrei arbeiten.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Temperaturmeßeinheit als berührendes Meßsystem, z. B. mit einem Thermoelement oder dgl., ausgebildet ist. Dieses Meßsystem hat den Vorteil, daß es z. B. an der Sonotrodenspitze befestigt sein kann, so daß ausschließlich die Temperatur der Sonotrodenspitze gemessen wird und dadurch Fehlmessungen ausgeschlossen werden. Das Thermoelement kann auch auf der Schweißnaht geführt sein. Thermoelemente besitzen zudem den Vorteil, daß sie kostengünstig in der Anschaffung sind. Ferner kann mit Thermoelementen die Temperatur der Sonotrodenspitze exakt bestimmt werden.

Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, daß die Ultraschallanlage als Schweißpresse, Mehrkopfautomat, Roboterwerkzeug, Handpistole oder dergleichen ausgebildet ist. Die Ultraschallanlage ist nicht auf einen speziellen Anlagentyp beschränkt, sondern kann in jeder Fügestation einer Fertigungslinie vorgesehen sein, in der

Bauteile mittels Ultraschall miteinander verbunden, insbesondere preßverschweißt werden.

Eine besonders einfache Verarbeitung der Temperaturmeßwerte in der Steuereinheit wird dadurch erzielt, daß diese einen Personal Computer (PC) aufweist. Mittels dieses PCs können Temperaturdaten mit Sollwerten verglichen werden und bei einer Abweichung können entsprechende Steuersignale an den Ultraschallerzeuger ausgegeben werden. Ferner können die Temperaturwerte gespeichert werden, um sie für einen späteren Vergleich mit anderen aktuellen Temperaturmeßwerten heranziehen zu können.

Bevorzugt ist die Steuereinheit mit einer weiteren Steueranlage, z. B. eines Handhabungsgeräts, einer Presse oder dergleichen, verbunden. Dies hat den Vorteil, daß die erfindungsgemäße Vorrichtung als komplette Baueinheit in eine Fertigungsanlage integrierbar ist und sowohl die Steueranlage abhängig von den Steuersignalen der Steuereinheit den Fertigungsablauf beeinflusst, bzw. die Steueranlage über die Steuereinheit den Ultraschallerzeuger ansteuert.

Eine bevorzugte Maßnahme zur Qualitätssicherung der Schweißverbindung wird darin gesehen, daß die Ultraschallanlage mit einer Kühlvorrichtung versehen ist. Mittels dieser Kühlvorrichtung kann die Sonotroden spitze bei Überhitzung gekühlt werden, so daß deren Temperatur nicht nur durch Ansteuerung des Hubs bzw. der Amplitude oder der Frequenz, sondern auch durch gezielte Kühlung, regelbar ist. Dabei steht die Kühlvorrichtung mit der Sonotroden spitze direkt in Verbindung. Sie ist bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als Blasdüse ausgebildet, durch die die Sonotroden spitze mittels Druckluft beaufschlagt werden kann. Bei einer anderen Ausführungsform ist die Kühlvorrichtung als die Sonotroden spitze umgebende aber nicht berührende Ringdüse ausgebildet.

Die o.g. Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Temperatur der Schweißstelle und/oder die Temperatur der Sonotroden spitze gemessen und einer Steuereinheit zugeleitet werden, daß die Temperaturmeßwerte in der Steuereinheit zu Steuersignalen weiterverarbeitet werden und daß der Ultraschallerzeuger in Abhängigkeit dieser Steuersignale die Schweißparameter für die Sonotrode und/oder für eine die zu verschweißenden Bauteile führenden Einrichtung einstellt.

In Abhängigkeit der Temperatur der Schweißstelle bzw. der Temperatur der Sonotroden spitze wird also nicht nur die Ultraschweißanlage selbst beeinflusst, sondern es kann auch z. B. die Vorschubgeschwindigkeit der Bauteile verändert werden, wodurch auf die Schweißverbindung ebenfalls gezielt eingewirkt wird.

Bevorzugt stellt die Steuereinheit die Schweißparameter mit Hilfe eines oder mehrerer Kennfelder ein. Kennfelder sind z. B. bereits aus modernen Zündanlagen für Kraftfahrzeuge bekannt, wo ebenfalls mehrere Fahrzeugdaten zueinander in Verbindung gesetzt und die entsprechenden Zündparameter bestimmt werden. Anhand des bzw. der Kennfelder können somit nicht nur einzelne Schweißparameter wie Amplitude oder Anpreßkraft eingestellt werden, sondern es können eine Vielzahl von Schweißparameter gleichzeitig oder nacheinander verändert werden. So können z. B. die Schweißenergie, die Schweißzeit, die Haltezeit, der Schweißweg, die Anpreßkraft, die Vorschubgeschwindigkeit, die Amplitude, die Frequenz, der Beginn bzw. das Ende der Schallabgabe usw. geregelt werden. Diese Aufzählung soll nicht abschließend verstanden werden.

Ein weiterer Vorzug wird darin gesehen, daß als Eingangsgröße für das Einstellen der Schweißparameter neben der Temperaturmeßwerte z. B. die Schweißenergie, die Schweißzeit, die Haltezeit, der Schweißweg, die Anpreßkraft, die Vorschubgeschwindigkeit, die Frequenz und/oder die Amplitude verwendet werden. Die Schweißparameter fließen also ebenfalls als Eingangsgrößen in die Steuereinheit ein und werden zur Berechnung der neuen Schweißparameter wieder verwendet.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung wird die Sonotroden spitze abhängig von den Schweißparametern gekühlt. Über diese Kühlung kann der Spitze und somit der Schweißstelle gezielt Energie entzogen werden, wodurch eine Überhitzung des miteinander zu verbindenden Materials wirkungsvoll verhindert wird. Außerdem wird die Bruchneigung der Sonotrode herabgesetzt.

Durch eine Kopplung der Steuereinheit mit einer weiteren Steueranlage, z. B. eines Handhabungsgeräts, wird die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. kann das erfindungsgemäße Verfahren problemlos in einen Fertigungsablauf eingegliedert werden, wobei die Steueranlage in die Ansteuerung der Ultraschweißeinrichtung und/oder die Steuereinheit der Ultraschallanlage in die Steueranlage des Handhabungsgeräts steuernd eingreifen kann.

Bevorzugt wird über die Steuereinheit und/oder die Steueranlage der Schweißvorgang der Ultraschallschweißeinrichtung gesteuert oder geregelt. Wünschgemäß können beliebige und beliebig viele Parameter für die Regelstrecke gewählt werden.

Die oben genannte Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß auch dadurch gelöst, daß abhängig von einem oder mehreren Schweißparametern die Schwingungsamplitude und/oder die Schwingungsfrequenz der Sonotrode verändert wird. Die Schwingungsamplitude und/oder die Schwingungsfrequenz der Sonotrode kann z. B. in Abhängigkeit des Schweißweges, der Anpreßkraft, der Vorschubgeschwindigkeit, der Schweißzeit und/oder der Schweißtemperatur geregelt werden. Hierdurch wird die Möglichkeit geschaffen, daß durch eine gezielte Veränderung der Amplitude bzw. der Frequenz der Sonotrode Einfluß auf die Schweißstelle genommen wird. Dadurch können sowohl Beschädigungen des Werkstoffs der miteinander zu verbindenden Bauteile bzw. des zu bearbeitenden Bauteils als auch eine Beschädigung der Sonotrode selbst vermieden werden.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform wird die Frequenz durch Änderung des Schwingkreises des Ultraschallerzeugers geändert. Außerdem wird die Amplitude durch Änderung der an die Sonotrode angelegten Spannung geändert. Diese Änderung kann in einem weiteren Bereich erfolgen, so daß nahezu allen Schweißbedürfnissen Rechnung getragen werden kann. Auf diese Weise kann die Schweißeinrichtung an die unterschiedlichsten Materialien und Materialstärken angepaßt werden.

Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, daß die Frequenz derart geändert wird, daß der Schwingungsbauch der Ultraschallschwingung in der Ebene oder außerhalb der Ebene des freien Sonotroden spitzenendes liegt. Hierdurch kann gezielt die Energiekonzentration in das freie Sonotroden spitzenende gelegt oder aus diesem heraus verschoben werden. Wird die Frequenz kontinuierlich innerhalb einer Bandbreite verändert, so kann gezielt ein größerer Bereich um das Sonotroden spitzenende herum plastifiziert werden. Dabei erfolgt die Erweichung des Werkstoffs allmählich und scho-

nend.

Durch die Veränderung der Amplitude und/oder der Frequenz wird vorteilhaft die Schweißenergie geregelt. Die üblicherweise durch zeitliche Ansteuerung der Sonotrode erfolgte Regelung der Schweißenergie kann nunmehr kontinuierlich geregelt werden, wobei die Bandbreite zwischen Null und dem Maximalwert liegt. Hierdurch können vorteilhaft Überhitzungen des Werkstoffs und/oder der Sonotrodenspitze vermieden werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel im einzelnen beschrieben ist. Dabei ist in der Zeichnung der Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung lediglich prinzipiell wiedergegeben.

In der Zeichnung ist insgesamt mit 1 eine Ultraschallanlage bezeichnet, die z. B. als Schweißpresse, Mehrkopfautomat, Roboterwerkzeug, Handpistole oder dergleichen ausgeführt sein kann. In der Zeichnung ist diese Ultraschallanlage 1 lediglich schematisch wiedergegeben, und es sind nur die zum Verständnis der Erfindung erforderlichen Elemente gezeigt. Ferner ist neben der Ultraschallanlage 1 eine Steuereinheit 2 sowie ein Ultraschallerzeuger 3 wiedergegeben. Die Steuereinheit 2 ist über eine Kommunikationsleitung 4 mit einer Steueranlage 5 eines Handhabungsgeräts 6 verbunden.

Die Ultraschallanlage 1 ist oberhalb eines nur schematisch wiedergegebenen Schallreflektors 7 angeordnet, auf dem die miteinander zu verbindenden Werkstücke bzw. Bauteile 8 aufliegen und ggf. eingespannt sind. Oberhalb der Bauteile 8 befindet sich eine Ultraschallschweißeinrichtung 9, die an ihrem oberen Ende mit einem Konverter 10 und an ihrem unteren Ende mit einer Sonotrode 11 versehen ist. Zwischen dem Konverter 10 und der Sonotrode 11 kann ein Booster 12 vorgesehen sein. Über nicht dargestellte Hubmittel kann die Ultraschallschweißeinrichtung 9 angehoben bzw. auf die Bauteile 8 abgesenkt werden, so daß sie mit einer bestimmten Anpreßkraft auf diesen aufliegt. Die Ultraschallschweißeinrichtung 9 ist über Verbindungsmittel 13 mit dem Ultraschallerzeuger 3 verbunden, der die Schwingungsfrequenz und/oder die Amplitude der Sonotrode 11 bestimmt.

In unmittelbarer Nachbarschaft zur Schweißstelle 14 ist eine Temperaturmeßeinheit 15 vorgesehen, die berührungslos die Temperatur der Schweißstelle 14 mißt, was z. B. mittels eines Infrarotsensors oder Strahlungspyrometers erfolgt. Die Temperaturmeßeinheit kann auch so ausgebildet sein, daß sie die Temperatur der Sonotrodenspitze 16 erfaßt. Diese Temperaturmeßeinheit 15 ist über eine Leitung 17 mit der Steuereinheit 2 verbunden, in der die Temperaturmeßdaten ausgewertet und ggf. gespeichert werden. Bei der Weiterverarbeitung werden Kennfelder zur Hilfe genommen, über die dann Steuersignale für die Schweißparameter ermittelt werden, die über eine Leitung 18 dem Ultraschallerzeuger 3 zugeleitet werden. Dieser ändert in Abhängigkeit der Steuersignale ggf. die Amplitude und/oder die Schwingungsfrequenz und somit die Schweißenergie der Ultraschallschweißeinrichtung 9. Außerdem werden die Steuersignale von der Steuereinheit 2 über die Kommunikationsleitung 4 an die Steueranlage 5 weitergegeben, die ihrerseits über eine Leitung 19 das Handhabungsgerät 6 entsprechend ansteuert, was bei einer ortsfesten Ultraschallschweißeinrichtung 9 der Fall ist. So kann z. B. die Vorschubgeschwindigkeit der Bauteile

8, die Anpreßkraft dieser Bauteile 8 an die Ultraschallschweißeinrichtung 9, der Schweißweg, die Haltezeit, die Schweißzeit, usw., verändert werden. Anstelle einer Manipulation der Bauteile 8 kann auch die Ultraschallschweißeinrichtung 9 mit einem Handhabungsgerät verbunden sein, so daß durch gezielte Manipulation der Ultraschallschweißeinrichtung 9 die Parameter wunschgemäß eingestellt werden. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn an den Bauteilen 8 gleichzeitig mittels mehrerer Ultraschallschweißeinrichtungen 9 mehrere Verschweißungen gleichzeitig durchgeführt werden. In diesem Fall verharren die Bauteile 8 in Ruhe und die Ultraschallschweißeinrichtungen 9 werden bewegt.

Bei einer anderen, nicht dargestellten Ausführungsform kann an der Sonotrodenspitze 16 eine Temperaturmeßeinheit 15 vorgesehen sein, über die die Temperatur der Sonotrodenspitze 16 ermittelt wird. In diesem Fall ist die Temperaturmeßeinheit 15 berührend ausgebildet, was z. B. durch Thermoelemente realisierbar ist.

Weiterhin ist die Ultraschweißanlage 1 mit einer Kühlvorrichtung 20 versehen, über die die Schweißstelle 14 und/oder die Sonotrodenspitze 16 gekühlt wird. Die Kühlvorrichtung 20 ist als einzelne Blasdüse oder als die Sonotrodenspitze 16 umgebende Ringdüse ausgebildet und vorzugsweise mit der Steuereinheit 2 über eine nicht dargestellte Verbindungsleitung verbunden.

Die Steuereinheit 2 ist in der Regel frei programmierbar, so daß auf ein oder mehrere Kennfelder zugegriffen werden kann. Über diese Kennfelder werden die Steuersignale ermittelt, die zur Einstellung der Schweißparameter, z. B. der Energie, der Schweißzeit, der Haltezeit, des Schweißweges, der Anpreßkraft, der Vorschubgeschwindigkeit, der Amplitude, der Frequenz, der Kühlung, des Beginns und Endes der Schallabgabe usw., erforderlich sind. Diese Schweißparameter werden nicht nur von der Temperatur der Schweißstelle 14 und/oder der Sonotrodenspitze 16, sondern auch durch die anderen oben genannten Schweißparameter selbst, beeinflusst. Die Kennfelder sind so ausgelegt, daß die Qualität der Verschweißung innerhalb einer engen Bandbreite liegt, und daher nahezu konstant ist. Außerdem wird durch die Überwachung der Temperatur der Sonotrodenspitze 16 bzw. durch deren Kühlung eine höhere Standzeit des gesamten Systems erzielt und insbesondere ein Sonotrodenbruch vermieden.

Ein Anwendungsgebiet der vorliegenden Erfindung ist das Vernieten mittels thermoplastischer Niete. Nach dem Einsetzen des Niets 5 wird die Sonotrodenspitze 16 auf das freie Ende des Niets abgesenkt und diesem mittels Ultraschall Energie zugeführt, wodurch sich das Material im Bereich der Spitze erwärmt und erweicht. Dabei ändert sich das Dämpfungsverhalten des Niets und die Anpreßkraft der Sonotrode 11. Diese Eigenschaftsänderung, die eine direkte Beziehung zur Temperatur der Bearbeitungsstelle hat, kann über die Temperaturmeßeinheit 15 erfaßt werden. Über die Temperaturmeßdaten können der Ultraschallerzeuger 3 und die Transporteinrichtung für die Ultraschallschweißeinrichtung 9 angesteuert werden, wodurch einerseits die Amplitude und/oder die Frequenz der Sonotrode 11, andererseits der Schweißweg bzw. der Hub der Schweißeinrichtung 9 verändert werden. Auf diese Weise können ohne Beeinträchtigung des Materials des Niets, z. B. durch Überhitzung, optimale Bearbeitungszeiten und eine hohe Bearbeitungsqualität erzielt werden.

Anhand des Beispiels der Vernietung soll nachfolgend auch das weitere erfindungsgemäße Verfahren kurz erläutert werden. Nachdem der Niet 5 in das Bauteil 8

eingesetzt und die Sonotroden spitze 16 auf das freie Ende des Niets 5 abgesenkt worden ist, wird dieser mittels Ultraschall Energie zugeführt, wodurch sich der Werkstoff des Niets im Bereich seiner Spitze erwärmt und erweicht. Wie bereits erwähnt, ändert sich dadurch das Dämpfungsverhalten des Niets 5 und die Anpreßkraft der Sonotrode 11. Über geeignete Sensoren wird die Änderung der Anpreßkraft der Sonotrode 11 erfaßt und die Meßwerte werden in der Steuereinheit 2 ausgewertet und zu Steuersignalen für den Ultraschallerzeuger 3 umgewandelt. Der Ultraschallerzeuger 3 ändert nun die Amplitude und/oder die Frequenz der Sonotrode 11, wodurch die Schweißenergie je nach Wunsch entweder verringert oder erhöht wird. Außerdem wird die Anpreßkraft der Sonotrode 11 erhöht, wodurch sich allmählich der Nietkopf ausbildet. Die Amplitude und/oder die Frequenz können also abhängig von anderen Schweißparametern, z. B. der Vorschubgeschwindigkeit, der Anpreßkraft oder der Schweißzeit verändert werden, wofür ebenfalls Kennfelder zur Hilfe genommen werden können. Auch in diesem Fall kann der Schwingungsbauch der Ultraschallschwingung aus der Ebene des freien Sonotroden spitzenendes heraus verlagert werden, wodurch der Ort der Energiekonzentration ebenfalls verlagert wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bearbeiten eines Bauteils bzw. Verbinden zweier Bauteile (8) mittels Ultraschall, mit einem Ultraschallerzeuger (3) und einer Ultraschallanlage (1), wobei die Ultraschallanlage (1) eine Ultraschallschweißeinrichtung (9) mit einem Konverter (10) und einer Sonotrode (11) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ultraschallanlage (1) mit einer Temperaturmeßeinheit (15) versehen ist, welche die Temperatur der Schweißstelle (14) und/oder die Temperatur der Sonotroden spitze (16) erfaßt, und daß die Temperaturmeßeinheit (15) mit einer des Ultraschallerzeuger (3) ansteuernden Steuereinheit (2) und/oder einer Transporteinrichtung für die Schweißeinrichtung (9) verbunden ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturmeßeinheit (15) als berührungsloses Meßsystem, z. B. mit einem Infrarotsensor, einem Strahlungs-pyrometer oder dergleichen, ausgebildet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturmeßeinheit (15) als berührendes Meßsystem, z. B. mit einem Thermoelement oder dgl., ausgebildet ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallanlage (1) als Schweißpresse, Mehrkopfautomat, Roboterwerkzeug, Handpistole oder dgl. ausgebildet ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (2) einen PC aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (2) mit einer weiteren Steueranlage (5) z. B. eines Handhabungsgeräts (6), wie einer Presse oder dgl., verbunden ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallanlage (1) mit einer Kühlvorrichtung (20) ver-

sehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlvorrichtung (20) mit der Sonotroden spitze (16) in Verbindung steht und insbesondere als Blasdüse ausgebildet ist.

9. Verfahren zum Verbinden zweier Bauteile (8) mittels Ultraschall, insbesondere mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der ein Ultraschallerzeuger (3) eine Sonotrode (11) über einen Konverter (10) in Schwingung versetzt, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Schweißstelle (14) und/oder die Temperatur der Sonotroden spitze (16) gemessen und einer Steuereinheit (2) zugeleitet werden, daß die Temperaturmeßwerte in der Steuereinheit (2) zu Steuersignalen weiterverarbeitet werden, und daß der Ultraschallerzeuger (3) in Abhängigkeit dieser Steuersignale die Schweißparameter für die Sonotrode (11) und/oder für eine die zu verschweißenden Bauteile (8) führenden Einrichtung einstellt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (2) die Steuersignale für die Schweißparameter mit Hilfe eines oder mehrerer Kennfelder ermittelt.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (2) die Steuersignale für die Schweißparameter, wie Schweißenergie, Schweißzeit, Haltezeit, Schweißweg, Anpreßkraft, Vorschubgeschwindigkeit, Amplitude, Frequenz und/oder Beginn und Ende der Schallabgabe usw., ermittelt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Eingangsgröße für das Einstellen der Schweißparameter neben den Temperaturmeßwerten z. B. die Schweißenergie, die Schweißzeit, die Haltezeit, der Schweißweg, die Anpreßkraft, die Vorschubgeschwindigkeit, die Frequenz und/oder die Amplitude der Sonotrode (11) verwendet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonotroden spitze (16) abhängig von den Schweißparametern gekühlt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (2) mit einer weiteren Steueranlage (5) z. B. eines Handhabungsgeräts (6) kommuniziert.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißvorgang gesteuert oder geregelt wird.

16. Verfahren zum Verbinden zweier Bauteile (8) mittels Ultraschall, insbesondere mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und/oder insbesondere mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, bei der ein Ultraschallerzeuger (3) eine Sonotrode (11) über einen Konverter (10) in Schwingung versetzt, dadurch gekennzeichnet, daß abhängig von einem oder von mehreren Schweißparametern die Schwingungsamplitude und/oder die Schwingungsfrequenz der Sonotrode (11) verändert werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingungsamplitude und/oder die Schwingungsfrequenz der Sonotrode (11) in Abhängigkeit des Schweißweges, der Anpreßkraft, der Vorschubgeschwindigkeit, der Schweißzeit und/oder der Schweißtemperatur geregelt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch

gekennzeichnet, daß die Amplitude durch Änderung der an die Sonotrode (11) angelegten Spannung geändert wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz durch Änderung des Schwingkreises des Ultraschall-
zeugers geändert wird. 5

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz derart geändert wird, daß der Schwingungsbauch der
Ultraschallschwingung in der Ebene oder außerhalb der Ebene des freien Sonotrodenspitzenendes
liegt. 10

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Veränderung der Amplitude und/oder der Frequenz die
Schweißenergie geregelt wird. 15

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

